

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara merupakan sumber energi utama di seluruh dunia. Penggunaan terhadap sumber energi tersebut terus mengalami peningkatan, sehingga jumlahnya terus berkurang dan akan habis di masa mendatang. Selain itu, pembakaran bahan bakar fosil berdampak buruk terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan energi alternatif sebagai sumber energi terbarukan menjadi sangat penting. Matahari, angin, air, biomassa dan *geothermal* merupakan sumber utama energi terbarukan, meskipun masing – masing memiliki kelebihan dan juga kekurangan (Richharya, 2017). Energi matahari sebagai salah satu sumber energi alternatif, dapat menjadi pilihan terbaik karena kemelimpahannya dan mampu mencapai permukaan bumi dalam waktu yang relatif singkat, jika dibandingkan dengan energi hasil produksi dari bahan bakar fosil (Gratzel, 2013). Energi matahari tersebut, dapat ditangkap dan dikumpulkan dengan menggunakan suatu antena penangkap cahaya (*sensitizer*).

Berdasarkan banyak penelitian mengenai pigmen warna (*dye*), senyawa kompleks yang didasarkan pada unsur Ru merupakan *sensitizer* yang baik. Namun, *sensitizer* tersebut sangat mahal, jarang tersedia, dan tidak dapat diperbarui. Selain itu, kompleks Ru memiliki rute sintesis terlalu rumit dan dapat mencemari lingkungan. Sebaliknya, pigmen warna alami dinilai sebagai alternatif *sensitizer* yang baik karena teknik preparasi sederhana, kemurnian tinggi, biaya produksi rendah, biodegradasi sempurna, dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan pigmen warna alami yang berasal dari buah-buahan dan sayuran sebagai *sensitizer* terhadap energi matahari dapat terus dikembangkan dengan lebih intensif (Kay, 1994; Amao, 2004; Liu, 2006; Zhou, 2011; Park, 2013).

Berdasarkan pada prinsip fotosintesis, pigmen warna organik dapat digunakan untuk memfasilitasi penyerapan energi cahaya matahari, yang merupakan aliran elektron – elektron (Scholes, 2011). Selama proses fotosintesis, tahapan dasar yang terjadi yaitu perubahan energi cahaya matahari menjadi energi eksiton yang lebih tinggi. Awalnya, penangkapan dan transmisi energi cahaya

matahari dilakukan oleh kompleks pemanen cahaya /*Light harvesting complex* (LHC), suatu kompleks multi – protein yang berfungsi sebagai antena fotosistem. Pada akhirnya, eksitasi elektron pada pusat reaksi (RC) dari fotosistem diidentifikasi oleh pemisahan berdasarkan muatan yang didorong oleh cahaya. Berdasarkan pada aktivitas awal fotosintesis, dapat diketahui bahwa proses penangkapan dan transmisi energi cahaya matahari oleh pigmen warna organik merupakan aspek penting pigmen pada penggunaannya di bidang *sensitizer* alami (Laura, 2014).

Sebagaimana tanaman yang melakukan fotosintesis, mikroalga mampu menghasilkan pigmen yang melimpah, seperti klorofil yang dapat menyerap sinar tampak. Klorofil merupakan salah satu pigmen yang berperan dalam pemberian warna hijau dan berperan penting dalam proses fotosintesis tersebut, baik sebagai penangkap cahaya, transfer energi, maupun konversi energi cahaya. Oleh karena itu, mikroalga memiliki daya guna yang tinggi dalam menangkap dan menggunakan energi matahari melalui fotosintesis. Salah satu mikroalga yang mengandung pigmen klorofil tersebut adalah *Spirulina platensis*, mikroalga multiseluler yang berasal dari golongan Cyanophyta. *Spirulina platensis* digunakan karena memiliki struktur sederhana dan produktifitas yang tinggi, sehingga mudah untuk memperoleh biomassa yang diinginkan (Yagui, 2004; Christwardana, 2013)

Kemampuan pigmen klorofil sebagai penangkap cahaya matahari, dapat mengubah energi cahaya menjadi elektron – elektron tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi (eksiton) untuk disalurkan sebagai *photosensitizer*. Pada kondisi pigmen klorofil sebagai *photosensitizer*, hambatan cahaya (*photoinhibitor*) dan suhu akibat paparan sinar matahari secara langsung dapat menyebabkan terjadinya penurunan kerapatan pigmen klorofil. Kondisi tersebut mengindikasikan terjadinya *photodamage* pada klorofil (Nurachman, 2015).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Nurachman (2015) terhadap alga *Chlorella sp.*, sel yang dikultur tanpa pencahayaan (*light stress*), tidak mengalami *photodamage* secara signifikan pada pigmen klorofilnya. Oleh karena itu, *Chlorella sp* yang akan digunakan untuk memproduksi klorofil lebih baik dalam kondisi kultur tidak mendapat pengaruh pencahayaan. Meskipun demikian, pigmen klorofil murni yang dihasilkan cenderung mengalami kerusakan *fluoresence*,

dimana umur kestabilan klorofil terlalu singkat untuk digunakan sebagai *sensitizer* alami bernilai tinggi. Berdasarkan penelitian lain mengenai material organik untuk sel surya yang dimanfaatkan berdasarkan prinsip fotosintesis, klorofil a murni diuji kemampuannya. Pigmen klorofil a murni tersebut diisolasi dari daun. Namun, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pigmen murni tersebut menjadi bersifat tidak stabil akibat tidak adanya pigmen daun lainnya (seperti karotenoid) yang secara normal dapat menstabilkan klorofil (Anderson & Robertson, 1960).

Berdasarkan penelitian Harbone (1975), peningkatan kestabilan pigmen dapat diperoleh dari ekstraksi klorofil dengan menggunakan aseton 80% atau metanol dengan sedikit penambahan  $\text{CaCO}_3$ . Hasil penelitian tersebut dapat mencegah terbentuknya feofitin (turunan klorofil) sehingga bentuk klorofil dapat dipertahankan. Pada penelitian lain, salah satu usaha menstabilkan warna hijau klorofil yaitu dengan pembentukan klorofilid (turunan klorofil) melalui reaksi hidrolisis pada suasana asam maupun basa. Biasanya reaksi pembentukan klorofilid terjadi akibat aktivitas enzim klorofilase yang mampu menghidrolisis rantai fitol dari klorofil sehingga terlepas membentuk klorofilid dan fitol (Udiarta, tt).

Menurut Ooyama (2009) kestabilan dalam pigmen warna dapat ditingkatkan dengan mengubah pusat atom dan substitusi pada strukturnya. Selain itu, suatu cara untuk meningkatkan fotostabilitas klorofil adalah dengan mengubah ion pusat yang dapat memodifikasi lingkungan elektron dalam cincin porfirin. Klorofil yang disubstitusi dengan logam Cu (klorofilin) merupakan bentuk klorofil yang stabil jika dibandingkan dengan klorofil alami. Klorofilin cukup stabil di kondisi netral dan basa. Pada penelitian lain yang dilakukan Nurhayati (2011), penggantian ion logam  $\text{Mg}^{2+}$  pada klorofil (dari daun bayam) dilakukan dengan substitusi ion logam  $\text{Zn}^{2+}$  membentuk Zn-klorofil. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa Zn-klorofil lebih stabil  $\pm 4x$  lebih baik dibanding klorofil.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Harbone (1975), garam *zink* (Zn) dapat digunakan untuk menstabilkan warna hijau dari ion – ion klorofil. Penstabilan tersebut terjadi karena logam Zn dapat membentuk sebuah ikatan kompleks dengan bentuk turunan klorofil. Penggantian ion pusat dengan ion  $\text{Zn}^{2+}$  selanjutnya dipilih karena kompleks Zn klorofil juga ditemukan di alam. Sebagai contoh bakteri ungu (*Acidiphilium sp.*) yang mengandung kompleks Zn-

*Bacteriochlorophyll a* (Jaschke, 2007). Selain itu, penelitian mengenai Zn-klorofil yang dibuat dari ekstrak pigmen klorofil mikroalga belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan modifikasi pusat atom pigmen klorofil menggunakan logam Zn. Selanjutnya, pengujian fotostabilitas terhadap beberapa paparan cahaya (di rentang panjang gelombang cahaya matahari) dan stabilitas termal terhadap beberapa pengaruh suhu dilakukan pada pigmen klorofil dan hasil modifikasinya. Tersedianya informasi fotostabilitas dan stabilitas termal pigmen klorofil yang dibandingkan dengan hasil modifikasinya (Zn-klorofil), diharapkan dapat memaksimalkan potensi pigmen fotosintesis tersebut sebagai antena pemanen cahaya (*sensitizer*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, pertanyaan umum yang akan dijawab adalah “Bagaimana stabilitas pigmen klorofil dari *Spirulina platensis* termodifikasi logam zink (Zn) sebagai kandidat sensitizer alami?”, sehingga rumusan masalah yang diturunkan yaitu:

1. Bagaimana karakteristik ekstrak pigmen klorofil dan klorofil termodifikasi logam *zink* (Zn-klorofil)?
2. Bagaimana stabilitas pigmen klorofil dan klorofil termodifikasi logam *zink* (Zn-klorofil) terhadap paparan sinar UV A, UV B, dan sinar lampu kuning?
3. Bagaimana stabilitas pigmen klorofil dan klorofil termodifikasi logam *zink* (Zn-klorofil) terhadap suhu -4°C, 25°C, dan 40°C?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik ekstrak pigmen klorofil dan klorofil termodifikasi logam *zink* (Zn-klorofil), mengetahui sifat fotostabilitas ekstrak pigmen klorofil dan Zn-klorofil, serta mengetahui sifat stabilitas termal pigmen klorofil dan Zn-klorofil.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai cara meningkatkan kestabilan pigmen klorofil sebagai dasar untuk menciptakan *sensitizer* alami bernilai tinggi. Selain itu, sifat stabilitas cahaya dan stabilitas

termal ekstrak pigmen klorofil dan klorofil termodifikasi logam *zink* (Zn) pada atom pusatnya dari *Spirulina platensis*, diharapkan dapat menjadi acuan pertimbangan dalam pemanfaatannya sebagai kandidat *sensitizer* alami.

## **1.5 Struktur Organisasi Skripsi**

Skripsi ini terdiri atas lima bab yaitu: pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran. Pada bab I pendahuluan memaparkan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan struktur organisasi. Pada bab II tinjauan pustaka memaparkan mengenai informasi dan teori yang digunakan dalam penelitian ini. Pada bab III metode penelitian memaparkan tentang prosedur kerja dan pengerjaan teknis dalam penelitian. Pada bab IV hasil dan pembahasan memaparkan mengenai analisis data yang dihasilkan dari penelitian dan pembahasan terhadap data hasil penelitian. Pada bab V kesimpulan dan saran menjawab rumusan masalah dan saran untuk penelitian selanjutnya.